

Evaluasi kondisi struktur beton bertulang dengan menggunakan *half cell potential test* pada bangunan kantor di pinggir Pantai Ancol

Zel Citra^{1,*}, Yosie Malinda¹, Paksi Dwiyanto Wibowo¹, Suci Putri Elza¹, Risma Apdeni²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding authors: zel.citra@mercubuana.ac.id

Submitted: 7 December 2023, Revised: 20 June 2024, Accepted: 24 June 2024

ABSTRACT: Measurement of half cell potential is commonly used for the assessment of the resistance of reinforced concrete where corrosion of the reinforcement is predicted. The standards used in the test are ASTM C876-91: Standard Test method for half-Cell Potential of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete and ACI 222R-01: Protection of Metal in Concrete Against Corrosion. Furthermore, the carbonation of the reinforcement in the concrete which is caused by a chemical reaction between calcium in the concrete and sulfate salts from the outside make the concrete mass is pushed and broken. The results of testing the reinforced concrete structures of office buildings on the Ancol waterfront, some of the carbonation that occurs has exceeded the concrete cover. The results of the Half Cell Potential test 1, 2, 6, 8, 9, and 10 show that the corrosion rate of the reinforcement in the concrete is <10% with type 3, namely "humid, chloride free concrete", where the concrete is moist and not contaminated chloride, which means that the corrosion rate of steel reinforcement in concrete is quite low. The results of the Half Cell Potential 3, 4, 5, and 7 tests show that the corrosion rate of the reinforcement is between 10% - 90% with type 4, namely "humid, carbonated concrete", where the concrete is moist and carbonated but the corrosion rate is not too high.

KEYWORDS: building structures; carbonation test; half cell potential test; reinforced concrete.

ABSTRAK: Pengukuran *half cell potential* sering digunakan untuk menilai daya tahan beton bertulang di mana korosi tulangan diperkirakan terjadi. Standar yang digunakan dalam pengujian adalah ASTM C876-91: *Standard Test Method for half-Cell Potential of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete* dan ACI 222R-01: *Protection of Metal in Concrete Against Corrosion*. Perlu diketahui tentang karbonasi tulangan pada beton yang disebabkan oleh reaksi kimia eksternal antara kalsium dalam beton. Pengaruh garam sulfat yang menyebabkan pemuai volume beton, sehingga beton terkompresi dan retak. Hasil pengujian struktur beton bertulang gedung kantor di pinggir pantai Ancol, dapat disimpulkan bahwa kondisi beton eksisting secara umum mengalami karbonasi yang terjadi melebihi selimut beton. Data hasil pengujian Half Cell Potential 1, 2, 6, 8, 9, dan 10 terlihat tingkat korosi tulangan di dalam beton berada < 10% dengan tipe kondisi 3 yaitu "*humid, chloride free concrete*", yaitu kondisi beton dalam keadaan lembab dan tidak terkontaminasi klorida yang artinya tingkat korosi tulangan baja di dalam beton cukup rendah. Hasil pengujian *half cell potential* 3, 4, 5, dan 7 terlihat tingkat korosi tulangan antara 10% - 90% dengan tipe kondisi 4 yaitu "*humid, carbonated concrete*", yaitu kondisi beton dalam keadaan lembab dan telah terkarbonasi namun tingkat korosi tidak terlalu tinggi.

KATA KUNCI: struktur bangunan gedung; uji karbonasi; *half cell potential test*; beton bertulang.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1 PENDAHULUAN

Korosi pada beton bertulang terjadi karena struktur beton terpapar oleh kondisi lingkungan yang agresif seperti lokasi bangunan yang dekat dengan laut, berada di lingkungan dengan keasaman yang tinggi, di dekat jalan raya, dan berbagai faktor lainnya (Maryoto, 2014). Kerusakan bisa terjadi dalam bentuk retak dan terkelupasnya selimut beton yang disebabkan proses korosi sudah terjadi di dalam tulangan (SNI, 2019). Karena itulah, tebal selimut pada beton pada daerah yang memiliki kadar klorida tinggi adalah 70 mm (Anugraha et al, 2020).

Baja tulangan pada struktur beton berfungsi sebagai penahan tarik. Kekuatan tarik tulangan harus sesuai dengan SNI 2054:2014 "Baja Tulangan Beton".

Tulangan yang dilapisi beton pada umumnya tidak berkarat karena betonnya sangat basa. Beton dikatakan bersifat basa bila air di dalam beton memiliki konsentrasi sodium, potasium dan kalsium yang tinggi (Broomfield, 2006). Sifat basa beton kemudian membentuk lapisan tipis $Fe(OH)_2$ (oksida besi) atau lapisan pasif yang menutupi permukaan tulangan dan melindunginya dari korosi. Pada keadaan ini pH beton ± 12.5 , Keadaan ini disebabkan karena beton mengandung 20-30 persen kalsium dihidrosida $Ca(OH)_2$. Sifat basa beton timbul bila ada campuran

antara semen dan air bila Ca(OH)_2 dari semen melepaskan ion OH dan ion tersebut, yang membawa sifat basa dari beton, melekat pada permukaan tulangan dan membentuk Fe(OH)_2 .

Perbaikan struktur yang sudah korosif memerlukan biaya, baik biaya assesment maupun biaya perbaikan yang cukup mahal (Handayani, 2020). Penting kiranya bagi pemilik atau petugas perawatan gedung mengetahui bagaimana cara mencegah terjadinya korosi dalam tulangan beton. Metode pengukuran *half cell potential* merupakan salah satu metode yang dapat memprediksi korosi tulangan pada beton (Prihantono, 2006). Pengukuran didasarkan pada kemungkinan perbedaan tulangan di dalam beton sehubungan dengan referensi *half cell* yang ditempatkan pada permukaan beton. Setelah mengetahui kondisi tulangan di dalam beton maka dapat disimpulkan kondisi struktur bangunan.

2 METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk menguji atau menentukan tingkat karbonasi atau korosi pada permukaan beton dan tulangan. Peralatan yang dipergunakan untuk pengujian adalah:

1. Form pengujian
2. Meteran
3. 1 set *half cell potential tester* seperti tester, *probe*, *wooden plug*, soak, kabel *connector*, serbuk sulfat (Gambar 1)



Gambar 1. Set half cell potential tester

4. Botol dan sendok
5. Air

Tahapan pelaksanaan pengujian dengan Half Cell Potensial sebagai berikut:

1. Tahap awal
 - a. Siapkan larutan elektroda dengan mencampurkan 1 gelas besar (550ml)

berisi air dengan 1 sendok makan bubuk sulfat, kemudian larutkan dan campur. Pindahkan larutan ke probe.

- b. Rendam soak dan wooden plug dengan durasi 1 jam dan biarkan.
- c. Penandaan area uji
- d. Objek yang akan di uji diberi tanda dengan menggunakan spidol atau warna menggunakan cat
- e. Lahan uji disiapkan dengan ukuran 50 cm x 50 cm, jarak dari titik tepi luar 5 cm dan jarak antar titik 10 cm. Bor beton di dekat area pengujian untuk menyambungkan CANIN ke beton.
- f. Buat lubang di beton sedalam selimut beton.
- g. Struktur beton bertulang yang akan di cek karbonasi tulangnya, maka harus bobok sampai tulangan atau setebal selimut beton sehingga pengujian dapat dilakukan.

2. Tahapan uji

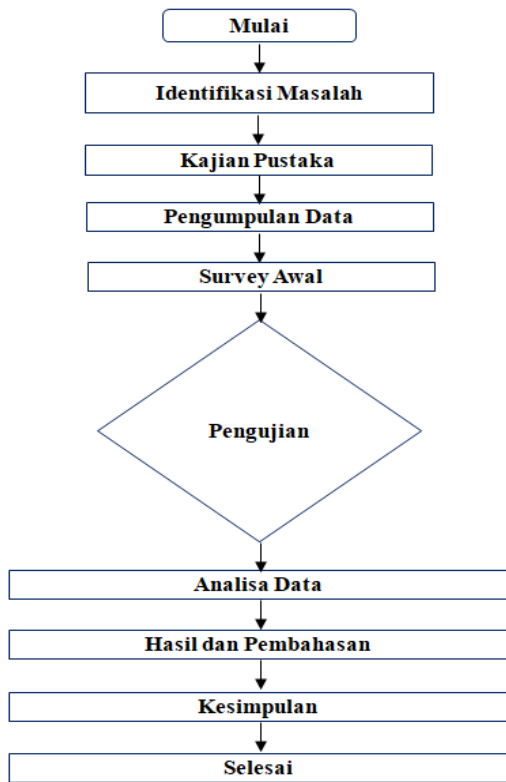
Hubungkan *probe* dengan larutan elektroda ke *half cell potential tester* dengan kabel connector dan lekatkan kabel connector ke beton bertulang yang berlubang. Pastikan alat terpasang dengan benar. Atur ID dan konfigurasi alat. Pengujian dilakukan dengan menempelkan probe yang dicelupkan ke permukaan beton berdasarkan area penandaan dan selanjutnya melakukan pendataan (Gambar 2).



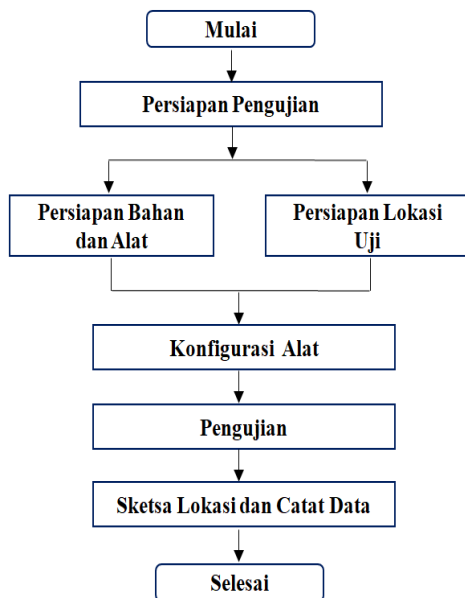
Gambar 2. Pengujian HCP

Tahapan penelitian untuk menentukan tingkat korosi tulangan dengan Half Cell Potential dapat dilihat pada *flowchart* (Gambar 3).

Pelaksanaan pengujian di lapangan untuk setiap objek struktur beton bertulang dengan menggunakan alat Half Cell Potential Test dapat dilakukan dengan beberapa tahapan (Gambar 4).



Gambar 3. Flowchart tahapan penelitian

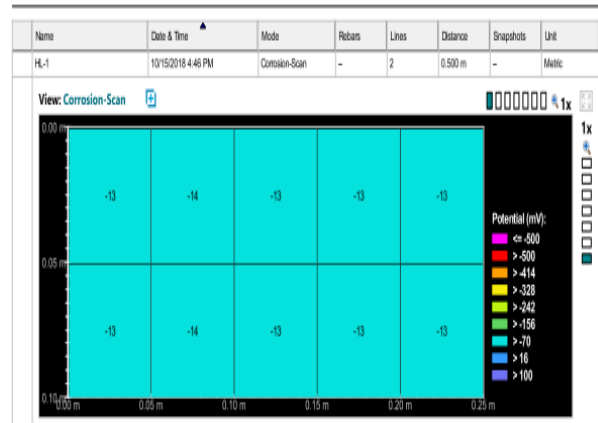


Gambar 4. Tahapan pengujian HCP

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian didasarkan pada nilai yang dihasilkan oleh alat CANIN (*corrosion analysis*) dan batang half cell. Data yang dihasilkan kemudian diambil nilai maksimum dan minimum dari *half cell potential* kemudian dikorelasikan dengan probabilitas pada Tabel 1 untuk melihat terjadinya korosi pada tulangan sesuai *ASTM C876 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in*

Concrete dan prediksi kondisi beton pada tabel 2 berdasarkan *RILEM TC 154-EMC Recommendation*. Hasil *output* pengujian pada (Gambar 5).



Gambar 5. Output data half cell potential test

Tabel 1. Probabilitas korosi berdasarkan ASTM C876

Half Cell Value (mV)	Probability of Corrosion
< -200	Low (less than 10%)
-200 to -350	uncertainty
> -350	High (more than 90%)

Sumber: *ACI, 2001; ASTM, 2015*

Tabel 1 menjelaskan bahwa jika nilai *half cell potential* lebih kecil dari -200 maka *probability corrosion* tulangan termasuk kategori *low*, jika nilai berada -200 sampai dengan -350 maka *probability corrosion* tulangan termasuk *uncertainty* dan jika lebih besar dari -350 maka *probability corrosion* tulangan termasuk kategori *high* (Citra et al, 2023).

Tabel 2. Kondisi beton berdasarkan RILEM TC 154-EMC rekomendasi

Typical Ranges Of Potentials Of Normal Steel In Concrete (Volts CSE)	
<i>Water saturated concrete without oxygen</i>	-0.9 to -1.0 V
<i>Wet, chloride contaminated concrete</i>	-0.4 to -0.6 V
<i>Humid, chloride free concrete</i>	+0.1 to -0.2 V
<i>Humid, carbonated concrete</i>	+0.1 to -0.4 V
<i>Dry, carbonated concrete</i>	+0.1 to 0.0 V
<i>Dry, concrete</i>	+0.2 to 0.0 V

Tabel 2 menjelaskan kondisi beton berdasarkan rekomendasi RILEM TC 154-EMC menyatakan bahwa pada range -0.9 sampai -1.0 berada pada kondisi

“water saturated concrete without oxygen”, range -0.4 sampai -0.6 pada kondisi “wet, chloride contaminated concrete”, range +0.1 sampai -0.2 pada kondisi “humid, chloride free concrete”, range +0.1 sampai -0.4 pada kondisi “humid, carbonate concrete”, range +0.1 sampai 0,0 pada kondisi “dry, Carbonate concrete”, range +0.2 sampai 0.0 pada kondisi “dry, concrete”.

Hasil pengujian *half cell potential* pada kantor di pinggir Pantai Ancol dengan pengujian dilakukan pada bagian struktur *pile cap, tie beam* dan pelat lantai seperti pada Tabel 3. Tabel 3 merupakan data yang diperoleh dari Half Cell Potential (HPT) dengan kode atau ID CANIN menunjukkan bahwa HL-1 (*pile cap*) nilai *value max* HPT -48 dan nilai *value min* HPT -115, HL-2 (*tie beam*) nilai *value max* HPT -73 dan nilai *value min* HPT -132, HL-3 (*pelat*) nilai *value max* HPT -93 dan nilai *value min* HPT -264, HL-4 (*tie beam*) nilai *value max* HPT -106 dan nilai *value min* HPT -224, HL-5 (*tie beam*) nilai *value max* HPT -200 dan nilai *value min* HPT -271, HL-6 (*tie beam*) nilai *value max* HPT -115 dan nilai *value min* HPT -154, HL-7 (*tie beam*) nilai *value max* HPT -150 dan nilai *value min* HPT -226, HL-8 (*pelat*) nilai *value max* HPT -98 dan nilai *value min* HPT -152, HL-9 (*tie beam*) nilai *value max* HPT -67 dan nilai *value min* HPT -111, HL-10 (*tie*

beam) nilai *value max* HPT -58 dan nilai *value min* HPT -128. Selanjutnya nilai-nilai diatas dikelompokkan pada rekapitulasi untuk menentukan persentase *probability corrosion* dari bacaan ID CANIN (alat monitor untuk pengukuran HCP).

Tabel 3. Nilai hasil pengujian struktur dengan HCP

ID Canin	Type of Structure	Value Max HPT (mV)	Value Min HPTs (mV)
HL-1	Pile Cap	-48	-115
HL-2	Tie Beam	-73	-132
HL-3	Pelat	-93	-264
HL-4	Tie Beam	-106	-224
HL-5	Tie Beam	-200	-271
HL-6	Tie Beam	-115	-154
HL-7	Tie Beam	-150	-226
HL-8	Pelat	-98	-152
HL-9	Tie Beam	-67	-111
HL-10	Tie Beam	-58	-128

Tabel 4. Rekapitulasi data HPT ID CANIN

ID Canin	Value Max HPT (mV)	Value Min HPT (mV)	Probability Of Corrosion (Max Value HPT)*			Typical Ranges Of Potentials Of Normal Steel In Concrete***					
			<10%	10%-90%	>90%	Cond 1 (-900 to 1000 mV)	Cond 2 (-400 to 600 mV)	Cond 3 (+100 to -200 mV)	Cond 4 (+100 to -400 mV)	Cond 5 (+100 to 0 mV)	Cond 6 (+200 to 0 mV)
HL-1	-48	-115	√	-	-	-	-	√	-	-	-
HL-2	-73	-132	√	-	-	-	-	√	-	-	-
HL-3	-93	-264	-	√	-	-	-	-	√	-	-
HL-4	-106	-224	-	√	-	-	-	-	√	-	-
HL-5	-200	-271	-	√	-	-	-	-	√	-	-
HL-6	-115	-154	√	-	-	-	-	√	-	-	-
HL-7	-150	-226	-	√	-	-	-	-	√	-	-
HL-8	-98	-152	√	-	-	-	-	√	-	-	-
HL-9	-67	-111	√	-	-	-	-	√	-	-	-
HL-10	-58	-128	√	-	-	-	-	√	-	-	-

Tabel 5. *Probability corrosion half cell potential* struktur gedung kantor

<i>ID Canin</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Potential Condition Prediction</i>
HL-1	-48	-115	<i>Probability corrosion (<10%), humid, chloride free concrete</i>
HL-2	-73	-132	<i>Probability corrosion (<10%), humid, chloride free concrete</i>
HL-3	-93	-264	<i>Probability corrosion (10% - 90%), humid, carbonated concrete</i>
HL-4	-106	-224	<i>Probability corrosion (10% - 90%), humid, carbonated concrete</i>
HL-5	-200	-271	<i>Probability corrosion (10% - 90%), humid, carbonated concrete</i>
HL-6	-115	-154	<i>Probability corrosion (<10%), humid, chloride free concrete</i>
HL-7	-150	-226	<i>Probability corrosion (10% - 90%), humid, carbonated concrete</i>
HL-8	-98	-152	<i>Probability corrosion (<10%), humid, chloride free concrete</i>
HL-9	-67	-111	<i>Probability corrosion (<10%), humid, chloride free concrete</i>
HL-10	-58	-128	<i>Probability corrosion (<10%), humid, chloride free concrete</i>

Tabel 4 dan Tabel 5 merupakan hasil pengujian menggunakan *half cell potential test* pada struktur bangunan gedung di pinggir Pantai Ancol. Dapat disimpulkan bahwa kondisi beton eksisting *pile cap*, *tie beam*, dan pelat lantai secara umum mengalami karbonasi. Beberapa karbonasi yang terjadi telah melebihi selimut beton. *Half cell potential* 1, 2, 6, 8, 9, dan 10 terlihat tingkat korosi tulangan di dalam beton berada < 10% dengan tipe kondisi 3 yaitu “*humid, chloride free concrete*”, kondisi beton dalam keadaan lembab dan tidak terkontaminasi klorida yang artinya tingkat korosi tulangan baja di dalam beton cukup rendah. Hasil pengujian Half Cell Potential 3, 4, 5, dan 7 terlihat tingkat korosi tulangan antara 10% - 90% dengan tipe kondisi 4 yaitu “*humid, carbonated concrete*”, kondisi beton dalam keadaan lembab dan telah terkarbonasi. Hasil penelitian ini juga relevan dalam (Arie, 2005) yaitu terkait tebal lapisan selimut beton pada suatu struktur akan berpengaruh pada kemampuan dan waktu layan dari struktur dalam menghadapi penetrasi klorida ke dalam tulangan.

4 KESIMPULAN

Karbonasi yang terjadi pada struktur gedung kantor di pinggir Pantai Ancol telah melebihi selimut beton. Hasil pengujian dengan *half cell potential* menunjukkan bahwa pada HL-1, 2, 6, 8, 9, dan 10 terlihat tingkat korosi tulangan di dalam beton berada < 10% dengan tipe kondisi 3 yaitu “*humid, chloride free concrete*” yaitu kondisi korosi tulangan di dalam beton cukup rendah. Pada HL-3, 4, 5, dan 7 terlihat tingkat korosi tulangan antara 10% - 90% dengan tipe kondisi 4 yaitu “*humid, carbonated concrete*” yaitu kondisi beton dalam keadaan lembab dan telah terkarbonasi, namun kondisi baja tulangan mengalami korosi namun tidak terlalu tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mercu Buana yang telah memfasilitasi dengan menyediakan sarana dan prasarana sehingga jurnal penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. (2001). ACI Commite 222R-01: Protection of Metals in Concrete Against Corrosion, Manual Concrete Practice.
- Anugraha, A. (2020). Evaluasi Struktur Dermaga Akibat Korosi Berdasarkan SNI 2833-2016 dan SNI 1725-2016. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*. DOI:<http://dx.doi.org/10.12962/j2579891X.v18i2.6615>
- Arie, F. F. (2005). Analisa Waktu Kerusakan Balok Beton Bertulang Akibat Korosi Pada Bangunan Struktur Di Daerah Pantai. *Info Teknik*. DOI:<http://dx.doi.org/10.20527/infotek.v6i2.1681>
- ASTM. (2015). ASTM C 876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. West Conshohocken, Pennsylvania, United States of America: ASTM International.
- Broomfield, J. P. (2006). Corrosion of Steel in Concrete: Understanding, Investigation and Repair. London.
- Citra, Z., Wibowo, P. D., Malinda, Y., Wibisono, A., & Apdeni, R. (2023). Evaluasi Mutu Beton dengan Core Drill Test Berdasarkan SNI 2847-2019 pada Struktur Kolom Bangunan Gedung Laboratorium. *Jurnal CIVED Universitas Negeri Padang*. 10(2), 603-609. DOI: <https://doi.org/10.24036/cived.v10i2.122844>
- Handayani, A. (2020). Siklus Produksi (Cycle Time) Beton Pracetak Dengan Metode Beton Self Compacting Concrete (SCC). *Rekayasa Sipil Universitas Mercu Buana*. 9(1), <http://dx.doi.org/10.22441/jrs.2020.v09.i1.04>
- Maryoto, A. (2014). Penurunan Nilai Half Cell Potential Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash dan Ca(C18H35O2)2. *Dinamika Rekayasa*. 10(2), 45-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.dr.2014.10.2.82>
- Muin, R. B. (2018). Assessment on Tension Bar Lap Spllices of Concrete Reinforcement Steel. *International Conference on Design, Engineering and Computer Sciences*, DOI: [10.1088/1757-899X/453/1/012068](https://doi.org/10.1088/1757-899X/453/1/012068).

- Prihantono, & Saefudin S. (2006). Pengaruh Korosi Tulangan Baja Terhadap Kuat Lekat Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, [DOI: https://doi.org/10.21009/jmenara.v1i2.7861](https://doi.org/10.21009/jmenara.v1i2.7861)
- Rilem, P. R. (2000). Recommendations of TC-154- EMC: “electrochemical techniques for measuring corrosion in concrete”—test methods for on site measurement of the resistivity of concrete. *Mater Struct*, 33:603–611.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2017). *Baja tulangan beton (SNI 2052:2017)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional